

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки - 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка алгоритма взаимодействия автономных робототехнических устройств для тушения лесных пожаров

УДК 681.865.8-182.3:614.841.42:630

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е62	Усенко Кирилл Юрьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин Александр Васильевич	К.Т.Н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Зарницын Александр Юрьевич			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	К.Т.Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем
P3	Применять полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств
P4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы
<b><i>Универсальные компетенции</i></b>	
P6	Интегрировать знания в области анализа, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем со знаниями из смежных областей
P7	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.
P8	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий
P10	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности
P12	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки - 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Уровень образования – бакалавр

Период выполнения – весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.05.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.04.2020	Основная часть	60
04.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
13.05.2020	Социальная ответственность	20

#### СОСТАВИЛ:

##### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Тырышкин Александр Васильевич	К.Т.Н.		

##### Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Зарницын Александр Юрьевич			

#### СОГЛАСОВАНО:

##### Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	К.Т.Н.		

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки - 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Мамонова Т.Е.  
(Ф.И.О.)

## ЗАДАНИЕ

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8E62	Усенко Кирилл Юрьевич

Тема работы:

Разработка алгоритма взаимодействия автономных робототехнических устройств для тушения лесных пожаров	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	02.03.2020, 62-14/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.05.2020
--	------------

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Разработка должна использоваться на компьютере с ОЗУ не менее 8 Гб и не менее 4 CPU (Control Process Unit) с номинальной частотой не менее 2.2 ГГц.</p>
---	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1) Обзор аналогов 2) Выбор подхода искусственного интеллекта 3) Разработка системы группового взаимодействия 4) Разработка математического обеспечения системы 5) Разработка алгоритма взаимодействия
<b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Блок-схема алгоритма взаимодействия
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.
Социальная ответственность	Матвиенко Владимир Владиславович, ассистент ООД ШБИП
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Нет	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Зарницын Александр Юрьевич			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е62	Усенко Кирилл Юрьевич		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Е62	Усенко Кириллу Юрьевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	—
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ, ставка дисконтирования $i=0.1$ )

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка готовности полученного результата к выводу на целевые рынки, краткая характеристика этих рынков
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

## Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	К. Э. Н.		

## Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е62	Усенко Кирилл Юрьевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Е62	Усенко Кириллу Юрьевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Мехатроника и робототехника

Тема ВКР:

<b>Разработка алгоритма взаимодействия автономных робототехнических устройств для тушения лесных пожаров.</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Алгоритм группового управления мобильными гомогенными роботами для решения задач в экстремальных высокодинамических средах (тушение лесных пожаров)
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018). Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 22614-77. Система «человек-машина». Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования</p> <p>ГОСТ 23000-78. Система «человек-машина». Пульты управления. Общие эргономические требования. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</p> <p>Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.</p>
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<p>Опасные и вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– отклонение показателей микроклимата;</li> <li>– превышение уровня шума;</li> <li>– отсутствие или недостаток естественного света;</li> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– поражение электрическим током;</li> <li>– повышенная напряженность электрического поля;</li> <li>– психофизиологические факторы</li> </ul> <p>Мероприятия по защите включают в себя использование индивидуальных и коллективных средств защиты, а также</p>

	соблюдение режима работы и физкультурные минутки.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Объекты, несущие угрозу окружающей среде: аккумуляторы, люминесцентные лампы. Необходимо обеспечить утилизацию объектов в специальных организациях.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	ЧС, которые могут возникнуть в процессе разработки и эксплуатации: пожары и взрывы в зданиях и на коммуникациях. Требуется следовать инструкциям, чтобы не допустить возникновения ЧС. Однако, если ЧС произошло, требуется вызвать соответствующие службы для ликвидации ЧС.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>20.04.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е62	Усенко Кирилл Юрьевич		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 62 страницы, включает в себя 6 рисунков и 15 таблиц, список используемых источников содержит 18 наименований.

Ключевые слова: агент, система управления, обучение с подкреплением, групповое управление.

Цель работы - Разработка алгоритма взаимодействия автономных робототехнических устройств для тушения лесных пожаров

В процессе выполнения работы был проведен анализ имеющихся систем группового управления мобильными роботами, была разработана структурная схема, был разработан алгоритм управления агентами. Также было разработано математическое обеспечение системы взаимодействия и разработана система коммуникации и взаимодействия агентов между собой. Алгоритм взаимодействия написан на языке программирования Python с использованием открытых библиотек, написанных на данном языке, таких как Tensorflow, Keras, Numpy и Pandas.

## Термины и определения

В пояснительной записке использовались следующие термины с соответствующими определениями:

**агент:** объект отдающий команду действия робототехническому устройству.

**окружающая среда:** территория пожара, пожар, робототехнические устройства.

**состояние среды:** сформированные данные о среде поступающие агенту.

**вознаграждение/наказание:** показатель эффективности действий агента.

**действие:** предпринятое агентом решение.

**экстремальная среда:** среда в которой условия являются экстремальными, например, высокие и низкие температуры, отсутствие связи, радиационное излучения и т.д.

**предобучение:** обучение агента в среде перед установкой в робототехническое устройство.

**дообучение:** обучение агента непосредственно с помощью робототехнического устройства.

## **Сокращения**

В пояснительной записке использовались следующие сокращения:

RL – reinforcement learning;

A2C – Advantage Actor-Critic;

ГСП – глобальная система позиционирования.

## Содержание

Введение .....	14
1 Степень разработанности темы исследования .....	15
2 Разработка алгоритма взаимодействия автономных робототехнических устройств для тушения лесных пожаров .....	15
2.1 Цель и задачи .....	15
2.2 Проектирование структуры системы взаимодействия .....	15
2.3 Разработка алгоритма управления агентами. ....	15
2.4 Разработка математического обеспечения. ....	15
2.5 Разработка структуры коммуникации и взаимодействия агентов между собой. ....	15
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	16
3.1 Организация и планирование работ .....	16
3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта .....	23
3.3 Оценка экономической эффективности проекта .....	29
3.4 Вывод по финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению .....	29
4 Социальная ответственность .....	30
4.1 Объект исследования .....	30
4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	30
4.3 Профессиональная социальная безопасность .....	32
4.4 Экологическая безопасность .....	40
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	43
4.6 Вывод по социальной ответственности .....	45
Заключение .....	45
Conclusion .....	45

Список публикаций студента .....	45
Список используемой литературы: .....	46
Приложение А (обязательное) Часть кода программы алгоритма взаимодействия, отвечающая за обучение агентов.....	48

## **Введение**

Роботы используются во многих областях науки, техники и промышленности, в первую очередь там, где жизнедеятельность человека либо затруднена, либо вообще невозможна, например, в зонах радиоактивного или химического загрязнения, в условиях боевых действий, при тушении пожаров большой площади и т.п. Одиночный робот может использоваться только для решения некоторых частных задач, либо выполнения довольно простых операций, поскольку он, как правило, обладает сравнительно малыми возможностями для выполнения поставленной задачи (небольшой радиус действия, ограниченный бортовым энергоресурсом, невысокая вероятность выполнения поставленной задачи при функционировании в экстремальных ситуациях, поскольку выход из строя одиночного робота ведет к невыполнимости его миссии и т.п.). Очевидным решением указанных выше проблем является применение при решении сложных задач сразу нескольких роботов, то есть группы роботов.

## **1 Степень разработанности темы исследования**

Решением проблемы группового управления занимались многие известные ученые, в нашей стране - И.М. Макаров, Д.Е. Охоцимский, Е.П. Попов, Е.И. Юревич, И.А. Каляев, В.Е. Павловский, Чжу Хуа, А.В. Тимофеев и др., за рубежом -Т. Фукуда, Т. Балч, Р. Аркин, М. Матарик, М. Диас, М. Велосо, И.А Васильев, С.А. Половко, Е.Ю. Смирнова, Шуо Ван, Цзясунь Лу, и др.

Основные подходы к моделированию мультиагентных систем с интеллектуальным поведением на основе различных математических аппаратов достаточно подробно отражены в работах В. И. Городецкого, Д. А. Поспелова, У. Макаллистера (W. McAllister), Д. Осипычева (D. Osipychyev), Ш. Омидшафизей (S. Omidshafiei), В. Ф. Хорошевского, М. Вудриджа (M.Wooldridge), Н. Джепнингса (N. Jennings.), П. Мюллера (P. Muller), Цзянькай Цзо (Jiankai Zuo), Цзиатун Чен (Jiatong Chen) и других ученых.

Однако, решения комплексных задач группового управления с использованием подходов искусственного интеллекта в данных работах не рассматривалось

К основным недостаткам существующих методов группового управления мобильными роботами можно отнести следующие:

1. Невозможность автономного реагирования мобильного робота на внештатные ситуации.
2. Низкая эффективность работы алгоритмов в экстремальной среде.
3. Большинство алгоритмов было проверено лишь в виртуальной среде либо на модели.
4. Невозможность применения жестких алгоритмов для решения многокритериальной задачи в экстремальной среде.

### **3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Задачи, поставленные в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» это, прежде всего – анализ потенциальных денежных затрат и оценка рисков проекта. Необходимо произвести оценку коммерческого и инновационного потенциала проекта, обосновать требуемые инвестиции и получить приближенную оценку результатов внедрения данного инженерного решения.

#### **3.1 Организация и планирование работ**

Для того чтобы построить линейный график, всю планируемую работу следует разделить на этапы. Содержание и количество таких этапов определяется спецификой рассматриваемой темы. Всего можно выделить три основных этапа разработки: подготовительный этап, основной этап и заключительный этап. Перечень этапов выполненной работы, и их исполнители приведены в таблице 2. Исполнителями работ являются научный руководитель НР, и инженер– проектировщик И.



Таблица 2 – Перечень основных этапов

<b>Вид работы</b>	<b>Исполнители</b>	<b>Загрузка исполнителей</b>
Постановка цели и задач исследования	НР	НР - 100%
	И	И - 10%
Составление и утверждение ТЗ	НР	НР - 100%
	И	И - 10%
Обзор и изучение технической литературы и нормативной документации	И	И - 100%
Обсуждение литературы	НР	НР – 30%
	И	И – 100%
Разработка структурной схемы алгоритма	И	И – 100%
Разработка функциональной схемы алгоритма	И	И – 100%
Разработка блок-схемы алгоритма	И	И – 100%
Реализация алгоритма	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60%
		И – 100%

### 3.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчёт продолжительности работ определяется как сумма продолжительности этапов, которые оцениваются экспериментальным путём.

Продолжительность работ зависит от разных трудноучитываемых факторов, поэтому определяет лишь вероятные (ожидаемые) значения. Рассчитывается по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (10)$$

где  $t_{\min}$  – минимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{\max}$  – максимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{prob}$  – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях (ТРД) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (11)$$

где  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно  $K_{ВН} = 1$ ;

$K_{Д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ( $K_{Д} = 1-1,2$ ; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (12)$$

где  $T_{КД}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_K$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (13)$$

где  $T_{КАЛ}$  – календарные дни ( $T_{КАЛ} = 365$ );

$T_{ВД}$  – выходные дни ( $T_{ВД} = 52$ );

$T_{ПД}$  – праздничные дни ( $T_{ПД} = 10$ ).

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

Результаты расчетов представлены в таблице 3. На основе данных результатов был построен линейный график, таблица 4.

Таблица 3 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка цели и задач исследования	НР, И	2	4	2,8	3,36	0,33	4,84	0,48
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	2	3	2,4	2,88	0,28	4,15	0,41
Обзор и изучение технической литературы и нормативной документации	НР, И	12	15	13,2	0	15,84	0	22,83
Обсуждение литературы	НР, И	2	4	2,8	1,0	3,36	1,45	4,84
Разработка структурной схемы алгоритма	НР, И	3	6	4,2	0	5,04	0	7,26

Продолжение таблицы 3 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Разработка функциональной схемы алгоритма	НР, И	7	14	9,8	0	11,76	0	16,95
Разработка блок-схемы алгоритма	НР, И	9	18	12,6	0	15,12	0	21,79
Реализация алгоритма	И	10	20	14	0	16,8	0	24,22
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	6	9	7,2	0	8,64	0	12,45
Оформление графического материала	И	5	6	5,4	0	6,48	0	9,34
Подведение итогов	НР, И	5	8	6,2	4,46	7,44	6,43	10,72
<b>Итого:</b>				<b>80,6</b>	<b>11,71</b>	<b>91,10</b>	<b>16,88</b>	<b>131,34</b>

Таблица 4 - Линейный график работ

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	4,84	0,48											
2	4,15	0,41											
3	0	22,8											
4	1,45	4,84											
5	0	7,26											
6	0	16,9											
7	0	21,7											
8	0	24,2											
9	0	12,4											
10	0	9,34											
11	6,43	10,7											

НР – ; И

### 3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

#### 3.2.1 Расчет затрат на материалы

В эту статью расходов включают:

- стоимость материалов, покупных изделий и др.;
- транспортно–заготовительные расходы (ТЗР).

Расчет затрат на материалы приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	190	1 уп.	150
Картридж для принтера	1550	1 шт.	1550
<b>Итого:</b>			<b>1700</b>

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны  $C_{\text{мат}} = 1700 \cdot 1,05 = 1785$  руб.

### 3.2.2 Расчет заработной платы

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/25,083, \quad (14)$$

где МО – месячный оклад для сотрудников ТПУ, руб.;

25,083 – среднее количество рабочих дней в месяце (при шестидневной рабочей неделе).

Для учета в составе полной заработной платы премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{ПР}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$ ;  $K_{\text{р}} = 1,3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$ . Результаты расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664	1342,09	12	1,699	27 362,53
И	15 470	616,75	92	1,699	96 402,96
<b>Итого:</b>					<b>123 765,49</b>



### 3.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.  $C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} * 0,3$ .  
Итак, в нашем случае  $C_{\text{соц}} = 123\,765,49 * 0,3 = 37\,129,65$  руб.

### 3.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}} \quad (15)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час;

Для ТПУ  $Ц_{\text{э}} = 6,59$  руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 3 для инженера ( $T_{\text{рд}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t, \quad (16)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{рд}}$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{\text{об}}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} * K_C \quad (17)$$

где  $P_{\text{ном.}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Результаты расчета затрат на электроэнергию приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$ , час	Потребляемая мощность $P_{об}$ , кВт	Затраты $\Delta_{об}$ , руб.
Персональный компьютер	728*0,9	0,3	1295,33
Струйный принтер	5	0,1	2,87
<b>Итого:</b>			<b>1 298,2</b>

### 3.2.5 Расчет амортизационных расходов

Амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта определяется по формуле:

$$C_{ам} = \frac{H_A * C_{об} * t_{рф} * n}{F_d}, \quad (18)$$

где  $H_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{об}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

$t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Расчеты затрат на амортизацию приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Затраты на амортизацию

Наименование оборудования	Действительный годовой фонд времени, $F_d$	Факт. Время работы оборудования $t_{рф}$ , час	$N_A$	$C_{об}$ , руб.	$C_{ам}$ , руб.
Персональный компьютер	2408	655,2	0,4	45000	4897,67
Струйный принтер	500	5	0,5	12000	60
<b>Итого:</b>					<b>4 957,67</b>

### 3.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам}) \cdot 0,1, \quad (19)$$

$C_{проч} = (1785 + 123\,765,49 + 37129,65 + 1298,2 + 4957,67) \cdot 0,1 = 16\,893,60$  рублей.

### 3.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Макет демонстрационной модели принципов КТ» представленную в таблице 9.

Таблица 9 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1785
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	123 765,49
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	37129,65
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1298,2
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	4957,67
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	16 893,60
<b>Итого:</b>		<b>185 829,61</b>

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 185\,829,61$  руб.

### 3.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта следует принять в размере 5–20 % от полной себестоимости работы и составит 37 165,92 руб. (20 %).

### 3.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(185\,829,61 + 37\,165,92) * 0,2 = 222\,995,53 * 0,2 = 44\,599,10$  руб.

### 3.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае  $C_{\text{НИР(КР)}} = 185\,829,61 + 37\,165,92 + 44\,599,10 = 267\,594,63$  руб.

### **3.3 Оценка экономической эффективности проекта**

Результат данной работы носит исключительно исследовательский характер, поскольку данный результат не доведен до степени готовности к конкретному технологическому применению и требует уточнения и дополнительных затрат на последующих стадиях проектирования. В связи с этим оценка его экономической эффективности на данном этапе некорректна

### **3.4 Вывод по финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению**

В ходе оценки финансовой эффективности разрабатываемого проекта был разработан календарный план проведения основных работ. Согласно ему количество дней, необходимых на разработку алгоритма взаимодействия робототехнических устройств, составило 131 рабочих дней. Также были рассчитаны сметы затрат на разработку проекта. В результате, себестоимость проекта и его итоговая цена разработки составила 267 594,63 рублей.

## **4 Социальная ответственность**

### **4.1 Объект исследования**

В ходе работы был разработан алгоритм группового управления мобильными гомогенными роботами для тушения лесных пожаров. Для использования необходим персональный компьютер (ПК) с организованным рабочим местом пользователя.

Работы по проектированию и реализации стенда проводились в аудитории 101 10 корпуса ТПУ. Местом будущей эксплуатации стенда является также 101 ауд. 10 к

В данном разделе ВКР исследованы меры по защите работника от возможного негативного воздействия среды, а также вредные и опасные факторы среды, а также рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и необходимые действия, которые разработчик должен выполнить в случае возникновения чрезвычайной ситуации. Были выделены и рассмотрены следующие факторы, воздействующие на разработчика программы:

1. Недостаточная освещенность рабочей зоны
2. Отклонение параметров микроклимата
3. Превышения уровня шума

К опасным факторам при работе с персональным компьютером относятся высокое напряжение и возможность короткого замыкания, влекущего за собой опасность поражения разработчика электрическим током. Рассмотрены вопросы правового регулирования трудовых отношений, связанных с использованием разработанной системы.

### **4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В данном подразделе необходимо рассмотреть специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства. Необходимо указать особенности трудового

законодательства применительно к конкретным условиям проекта. Например, режим рабочего времени, защита персональных данных работника; оплата и нормирование труда; виды компенсаций при работе во вредных условиях труда, особенности обязательного социального страхования и пенсионного обслуживания и т.д.

#### **4.2.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами. Согласно трудовому кодексу РФ:

- продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю;
- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения.

Существуют также специализированные органы, осуществляющие государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм.

К таким органам относятся:

1. Федеральная инспекция труда;
2. Государственная экспертиза условий труда Федеральной службы по труду и занятости населения;
3. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и др.

#### 4.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей

зоны

#### 4.3 Профессиональная социальная безопасность

Факторы, способные оказывать негативное воздействие на состояние работника, а также нормативные документы, регулирующие соответствующие фактор производства приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Факторы, способные оказывать негативное воздействие

Факторы по ГОСТ (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы			Нормативные документы
	Разраб.	Тестир.	Экспл.	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (1 октября 1996 г. N 21).
Превышение уровня шума	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.



Продолжение таблицы 10 – Факторы, способные оказывать негативное воздействие

Факторы по ГОСТ (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы			Нормативные документы
	Разраб.	Тестир.	Экспл.	
Отсутствие или недостаток естественного света Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
Повышенная напряженность электрического поля	+	+	+	ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
Психофизиологические факторы	+	+	+	ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере

#### 4.3.1 Отклонение показателей микроклимата

На микроклимат в рабочем помещении может влиять температура за окном, нагревательные батареи, вентиляция, а также количество включенной техники в лаборатории.

Микроклимат рабочего помещения, играет значительную роль в работоспособности. Однако, состояние внутренней среды помещения может не только плодотворно влиять на здоровье человека, но и оказывать негативное воздействие. Микроклимат любых помещений характеризуется температурой воздуха, его влажностью и скоростью движения.

Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата приведены в таблице 11 и таблице 12 соответственно, исходя из требований СанПиН [11]. Вид деятельности оператора преимущественно сидячий это относится к категории 1а по энергозатратам.

Таблица 11 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	1а (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

В целях защиты, работающих от возможного перегрева или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) должно быть ограничено.

Таблица 12 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	1а (до 139)	20,0-21,9	24,1-25	19-26	15-75	0,1	0,1
Теплый	1а (до 139)	21,0-22,9	25,1-26	20-29	15-75	0,1	0,2

#### 4.3.2 Превышение уровня шума

Шум в рабочем помещении может возникать лишь при работе ПК, системы кондиционирования воздуха, работы осветительных приборов дневного света, либо проникать извне. Повышенный шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Предельно допустимые уровни звукового давления представлены в таблице 13 [12].

Таблица 13 – Допустимые уровни звукового давления

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Распространенные средства индивидуальной защиты от шума – это пробки, наушники, вкладыши (беруши) и шлемы. При превышении допустимых уровней звукового давления рекомендуется применить ряд мер коллективной защиты, которые могут включать в себя следующие мероприятия: оценка риска потери слуха работником, использование малошумных машин, использование материалов и конструкций, препятствующих распространению шума, привлечение к работам лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму, контроль правильности использования средств индивидуальной защиты.

#### **4.3.3 Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей операторы зоны**

При работе пользователя алгоритма, в зависимости от расположения лаборатории, могут возникать проблемы с поступлением естественного света, либо его отсутствием. Согласно нормам освещенности [13], освещенность рабочей зоны является вредным фактором, который негативно воздействует на зрение, а также приводит к быстрому утомлению и снижению работоспособности. Для нормализации освещенности производственных помещений и рабочих мест, в случае недостатка освещенности, рекомендуется применять следующие меры: дополнительные источники света, осветительные приборы и световые проемы. В случае избытка освещенности, рекомендуется использовать светозащитные устройства, светофильтры и

защитные очки. Также для снижения негативного влияния рассматриваемого фактора на здоровье и работоспособность человека, при работе за компьютером, необходимо соблюдать допустимое время нахождения перед монитором компьютера и делать перерывы в работе.

В таблице 14 представлены регламентированные допустимые характеристики освещенности рабочих мест в учебных аудиториях в университете.

Таблица 14 – Допустимые характеристики освещенности

Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
КЕО, %		КЕО, %		Освещенность, лк			Показа тель диском форта, М, не более	Кoeff ициент пульса ции освеще нности, Кп, %, не более
				При комбинир ованном освещени и	При обще м осве щении	и		
При верхнем или комбини рованном освещени и	При боков ом осве щении и	При верхнем или комбини рованном освещени и	При боков ом осве щении и	Все го	От общ его			
3,2	1,2	2,1	0,7	-	-	400	40	10

#### **4.3.4 Поражение электрическим током**

Поражение электрическим током возможно при контакте с изолированными проводами персональных компьютеров и прочего оборудования, находящегося в лаборатории, а также при нарушении правил эксплуатации и норм безопасности при работе с данным оборудованием [14].

Поражение электрическим током является наиболее опасным из всех видов вредного воздействия, по причине того, что электрический ток является невидимым для глаз человека. Действие электрического тока на организм человека носит своеобразный и разносторонний характер. Проходя через организм человека, электрический ток производит термическое, электролитическое и биологическое действие.

Для предотвращения поражения электрическим током помещение, где размещается рабочее место оператора, должно быть оборудовано защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации. Также основными техническими средствами защиты от поражения электрическим током являются отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности.

#### **4.3.5 Повышенная напряженность электрического поля**

Повышенная напряженность электрического поля в лаборатории может возникать в результате работы различных электронных устройств, таких как персональные компьютеры, а также сопутствующие им устройства отображения информации.

Негативное воздействие на человека повышенная напряженность электрического поля выражается в виде торможения рефлексов, нарушения памяти, понижения кровяного давления, замедления сокращений сердца, нарушений в печени и селезенке, помутнения хрусталика глаза. Для того чтобы уберечь операторов от получения хронических заболеваний при работе с

алгоритмом, существуют временные требования к пребыванию в электрическом поле.

Исходя из гигиенических требований к персональным электронно-вычислительным машинам [15], пребывание в электрическом поле напряженностью до 5кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня, а нахождение в поле напряженностью от 5 до 20 кВ/м допускается в течение одного часа. Для предотвращения негативного влияния электростатического поля на организм человека, необходимо отслеживать время, проведенное за работой и своевременно осуществлять перерывы и проветривать помещение.

#### 4.3.6 Психофизиологические факторы

Работа с ПК сопряжена с воздействием вредных психофизиологических факторов, в частности, нервно-психических перегрузок. Для снижения воздействия вредных факторов, устанавливаются перерывы в работе для отдыха сотрудников. Суммарное время регламентированных перерывов при работе с ПК зависит от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену. В таблице 15 приведено суммарное время отдыха для каждой категории работ.

Таблица 15 – Суммарное время отдыха для различных категорий работ

Категория работы с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену			Суммарное время регламентированных перерывов при 8-часовой смене, мин.
	Группа А, количество знаков	Группа Б, количество знаков	Группа В, часы	
I	до 20 000	до 15 000	до 2	50
II	до 40 000	до 30 000	до 4	70
III	до 60 000	до 40 000	до 6	90

При разработке программы уровень нагрузки относился к группе В, категория работы III. Согласно таблице, суммарное время перерывов необходимо установить не менее 90 минут. По типовой инструкции по охране труда при работе на персональном компьютере ТОО Р-45-084-01 [16] для данной категории работ требуется установить перерывы по 15 минут каждый трудовой час.

#### **4.4 Экологическая безопасность**

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого алгоритма группового взаимодействия, составной частью которой является программно-аппаратное обеспечение для управления мобильными роботами, на окружающую среду, а также анализируется жизненный цикл объекта исследования и предлагаются мероприятия по защите окружающей среды.

##### **4.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

Все влияние разрабатываемого устройства на окружающую среду можно разделить на прямое и косвенное. Важным косвенным фактором является потребление энергии персональным компьютером, так как производство электроэнергии тесно связано с пагубным воздействием на окружающую среду.

Прямого негативного влияния разработка на окружающую среду не имеет.

##### **4.4.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования**

Жизненный цикл объекта исследования включает в себя 3 основные стадии: проектирование, производство и эксплуатация. Также немаловажным этапом является утилизация технического объекта или его производных после завершения эксплуатации.



На стадии проектирования выполняются теоретические и экспериментальные исследования, конструирование, разработка технической и проектной документации. В ходе проектирования выполняются расчеты и создаются опытные образцы изделия. На данном этапе влияние выполняемых работ на окружающую среду незначительно, однако следует отметить, что, зачастую проектирование требует создания значительного количества опытных образцов. После завершения этапа проектирования необходимо корректно произвести утилизацию отходов, в соответствии с их классификацией [17].

Стадия производства подразумевает под собой технологическую подготовку производства, массовое или единичное производство, сборку, настройку, заводские испытания и складирование готовой продукции. Данный этап является наиболее ресурсозатратным для рассматриваемого объекта исследования, поэтому этап производства оказывает наибольшее косвенное влияние на окружающую среду. В связи со спецификой и областью применения проектируемой системы алгоритма взаимодействия, производство не подразумевает под собой массовости, а значит не требует складирования готовой продукции, что экономит как человеческие, так и природные ресурсы.

Стадия эксплуатации подразумевает под собой производственное использование разработанного технического изделия, его регулярную проверку, техобслуживание и дальнейшую утилизацию. Длительность стадии эксплуатации зависит от таких факторов как частота использования оборудования, регулярность технического обслуживания, а также техническое и моральное устаревание используемых технологий. Этап эксплуатации подразумевает под собой прямое влияние объекта исследования на окружающую среду, так как после выхода технического объекта из строя, а также в ходе его эксплуатации и при выполнении технического обслуживания возникают производственные отходы, которые необходимо утилизировать в соответствии с их классом.

#### **4.4.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

Для уменьшения негативного влияния объекта исследования на окружающую среду рекомендуется:

- На стадии разработки:
  - Минимизировать отходы и потребление ресурсов за счет вторичного использования материалов образцов;
  - Сортировать отходы;
  - Маркировать и утилизировать отходы в соответствии с их классификацией.
- На стадии производства:
  - Подвергать фильтрации воду при отведении ее в канализацию;
  - Подвергать фильтрации выбрасываемые в атмосферу газы;
  - Регулярно производить осмотр и замену фильтров;
  - Очищать и повторно использовать воду при производстве.
- На стадии эксплуатации:
  - Своевременно производить технический осмотр объекта и замену изношенных деталей;
  - Соблюдать нормы режима работы технической системы для продления сроков ее эксплуатации;
  - Маркировать и утилизировать отходы в соответствии с их классификацией.

Утилизация отходов является наиболее важным этапом при минимизации вреда окружающей среде. В связи со спецификой технической системы, стоит отметить, что особое внимание следует уделить утилизации электронных компонентов информационных устройств.

## **4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **4.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

При эксплуатации системы, наиболее вероятной ЧС, которая может быть инициирована объектом исследования, является возникновение пожара в лаборатории. Пожар может возникнуть в результате неисправности электрических приборов или в результате короткого замыкания. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожарной опасности, анализируемое в данной работе помещение (рабочая зона оператора) относится к категории В [18]. Основными источниками возникновения пожара могут являться неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях, электрические приборы с дефектами, а также перегрузка в электроэнергетической системе и короткое замыкание в электроустановке.

### **4.5.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта на предприятии**

Основную опасность представляет возгорание. Пожар в рабочем помещении разработчика может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера. К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнём (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- искрение;

- статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании;
- старение изоляции;
- увлажнение изоляции;
- механические перегрузки.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

#### **4.5.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т. к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации; х наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;

– соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров в рабочей зоне необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнём.

Рабочее помещение должно быть оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации. План эвакуации представляет собой заранее разработанную схему, на которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации. Согласно Постановлению Правительства №390, в зданиях и сооружениях при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы эвакуации людей в случае пожара.

#### **4.6 Вывод по социальной ответственности**

В данном разделе были проанализированы основные опасные факторы, которые могут возникнуть при разработке и эксплуатации алгоритма, представленного в ВКР. Был проведен анализ данных факторов на соответствие нормам, устанавливаемым государственными стандартами. Были проанализированы факторы негативного влияния объекта исследования на окружающую среду на каждом из этапов жизненного цикла технического объекта. Были проанализированы возможные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть на производстве, предложены меры по предотвращению их возникновения.

### **Список используемой литературы:**

1. Playing Atari with Deep Reinforcement Learning // arXiv.org URL: <https://arxiv.org/pdf/1312.5602.pdf> (дата обращения: 22.04.2020).
2. Shixiang Gu, Ethan Holly, Timothy Lillicrap, Sergey Levine Deep Reinforcement Learning for Robotic Manipulation with Asynchronous Off-Policy Updates // International Conference on Robotics and Automation (ICRA). – Singapore: IEEE, 2017. – С. 3389-3396.
3. Asynchronous Methods for Deep Reinforcement Learning // arXiv.org URL: <https://arxiv.org/pdf/1602.01783.pdf> (дата обращения: 10.01.2020).
4. Soft Actor-Critic Algorithms and Applications // arXiv.org URL: <https://arxiv.org/pdf/1812.05905.pdf> (дата обращения: 10.01.2020);
5. Wyatt McAllister, Denis Osipychiev, Girish Chowdhary, Adam Davis Multi-Agent Planning for Coordinated Robotic Weed Killing // RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). - New York, NY, USA: IEEE, 2018. - С. 7955-7960.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - 6 изд. - М.: Высшая школа, 1999.
7. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018).
8. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования ГОСТ 12.2.032-78.
9. Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования ГОСТ 21889-76.
10. Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.
11. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96.
12. Шум. Общие требования безопасности ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ.

13. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95

14. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты ГОСТ 12.1.019-2017.

15. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

16. ТОО Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере. – Утверждено Приказом Минсвязи РФ от 2 июля 2001 г. № 162

17. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Паспорт отхода I-IV класса опасности. Основные требования. ГОСТ Р 53691-2009

18. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности НПБ 105-03.